

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-296628

(43)Date of publication of application : 10.11.1998

(51)Int.Cl.

B24B 49/00

B23Q 17/00

B23Q 17/20

G05B 23/02

(21)Application number : 09-107955

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 24.04.1997

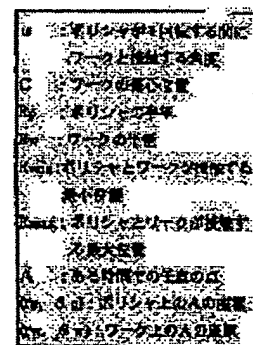
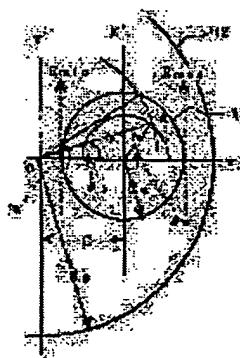
(72)Inventor : YOSHIZUKA YOKO

(54) PLANE POLISHED FACE EVALUATION DEVICE AND METHOD THEREOF AND RECORDING MEDIUM RECORDING PLANE POLISHED FACE EVALUATION PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To predict a correct surface form after polishing by respectively setting rotating speeds of a polisher and a work freely, providing the work with a reciprocating means in the tangential direction or in the radial direction of the polisher, and expressing relationship between pressure distribution and relative speed between the polisher and the work by a theoretical equation for simulation.

SOLUTION: A work 11 and a polisher 12 are respectively formed into discs of radius R_w mm and radius R_p mm, rotating speeds of the work 11 and the polisher 12 are respectively set freely, the work 11 is reciprocated in the tangential direction or in the radial direction of the polisher 12, and the relative speed of the polisher 12 and the work 11 is computed at every unit time. This computed theoretical equation expresses relationship between pressure distribution and relative speed between the polisher 12 and the work 11, simulates respective surface forms, and displays the results on a display device. Hereby, the correct surface form after polishing can be predicted, and hence the quality of the polishing condition can be judged in a short time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-296628

(43) 公開日 平成10年(1998)11月10日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
B 2 4 B	49/00	B 2 4 B	49/00
B 2 3 Q	17/00	B 2 3 Q	17/00
	17/20		17/20
G 0 5 B	23/02	G 0 5 B	23/02
			D
			Z
			T
			R
審査請求 未請求 請求項の数23 OL (全 17 頁)			

(21) 出願番号 特願平9-107955

(22) 出願日 平成9年(1997)4月24日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 吉塚 陽子

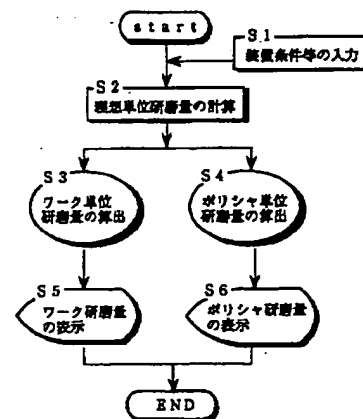
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 平面研磨面評価装置および方法並びに平面研磨面評価プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】平面研磨加工時のワークとポリシャの間の圧力の分布は、ワークの平面度に影響する重要な要素である。また、この圧力の分布はポリシャの非剛性に依存している。つまり、研磨によるポリシャの削減によって分布が変化する。本発明では、ポリシャとワークの圧力分布と相対速度の関係を理論式で表わしシミュレーションを行なう。このシミュレーションにより、正確な研磨後の面形状を予測する装置および方法を提供する。

【解決手段】ポリシャの回転数とワークの回転数を各々自由に設定可能とし、ワークにはポリシャの接線方向または半径方向に、周期を自由に設定可能な往復運動を行なう手段を持たせる。また、ポリシャとワークの相対速度を単位時間毎に演算する手段と、研磨後のポリシャおよびワークの面形状を算出する手段を持ち、算出した各々の面形状を即時に表示する手段を持たせる構成とする。



【S1で入力する項目】

<ワーク側>	<ポリシャ側>	<その他>
半径 (Rw)	半径 (Rp)	加圧 (P0)
プレストン定数 (Kw)	プレストン定数 (Kp)	総研磨時間 (T)
回転数 (ωw)	回転数 (ωp)	単位研磨時間 (Δt)
偏心位置 (C)	弾性変形定数 (r)	磨削幅 (Δr)
		最大量 (L)
		往復回数 (T1)
		往復方向
		表示時間
		角度分解量 (α)

【特許請求の範囲】

【請求項1】研磨物の回転数と被研磨物の回転数を各々自由に設定可能な手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項2】請求項1に記載の研磨面評価装置において、前記被研磨物は前記研磨物の接線方向または半径方向に往復運動を行なう手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項3】請求項2に記載の研磨面評価装置において、前記往復運動の周期を自由に設定可能な手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項4】研磨後の研磨物の面形状、および研磨後の被研磨物の面形状を、各々即時に表示する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項5】請求項1に記載の研磨面評価装置において、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を、各々即時に表示する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項6】請求項2に記載の研磨面評価装置において、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を、各々即時に表示する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項7】請求項3に記載の研磨面評価装置において、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を、各々即時に表示する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項8】研磨物および被研磨物上の相対速度を単位時間毎に演算する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項9】請求項3に記載の研磨面評価装置において、前記研磨物と前記被研磨物の相対速度を単位時間毎に演算する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項10】請求項7に記載の研磨面評価装置において、前記研磨物と前記被研磨物の相対速度を単位時間毎に演算する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項11】研磨物の回転数と被研磨物の回転数を各々自由に設定可能な手段を持ち、前記被研磨物は前記研磨物の接線方向または半径方向に往復運動を行なう手段を持ち、前記往復運動の周期を自由に設定可能な手段を持ち、前記研磨物と前記被研磨物の相対速度を単位時間毎に演算する手段を持ち、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を算出する手段を持ち、前記各々の面形状を即時に表示する手段を持つことを特徴とする研磨面評価装置。

【請求項12】研磨物の回転数と被研磨物の回転数を各々自由に設定可能な工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項13】請求項12に記載の研磨面評価方法にお

いて、前記被研磨物は前記研磨物の接線方向または半径方向に往復運動を行なう工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項14】請求項13に記載の研磨面評価方法において、前記往復運動の周期を自由に設定可能な工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項15】研磨後の研磨物の面形状、および研磨後の被研磨物の面形状を、各々即時に表示する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項16】請求項12に記載の研磨面評価方法において、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を、各々即時に表示する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項17】請求項13に記載の研磨面評価方法において、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を、各々即時に表示する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項18】請求項14に記載の研磨面評価方法において、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を、各々即時に表示する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項19】研磨物および被研磨物上の相対速度を単位時間毎に演算する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項20】請求項14に記載の研磨面評価方法において、前記研磨物と前記被研磨物の相対速度を単位時間毎に演算する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項21】請求項18に記載の研磨面評価方法において、前記研磨物と前記被研磨物の相対速度を単位時間毎に演算する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項22】研磨物の回転数と被研磨物の回転数を各々自由に設定可能な工程を含み、前記被研磨物は前記研磨物の接線方向または半径方向に往復運動を行なう工程を含み、前記往復運動の周期を自由に設定可能な工程を含み、前記研磨物と前記被研磨物の相対速度を単位時間毎に演算する工程を含み、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を算出する工程を含み、前記各々の面形状を即時に表示する工程を含むことを特徴とする研磨面評価方法。

【請求項23】研磨物の回転数と被研磨物の回転数を各々自由に設定させ、前記被研磨物は前記研磨物の接線方向または半径方向に往復運動を行なわせ、前記往復運動の周期を自由に設定させ、前記研磨物と前記被研磨物の相対速度を単位時間毎に演算させ、研磨後の前記研磨物の面形状、および研磨後の前記被研磨物の面形状を算出させ、前記各々の面形状を各々即時に表示させることを特徴とする研磨面評価プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】平面研磨において、研磨物と被研磨物双方の研磨後の面形状を、予測し評価する、平面研磨評価装置に関する。

【0002】

【従来の技術】平面研磨加工は高度の形状精度を確保する方法であるが、その加工においては経験が重要視されており、職人的な勘が未だに幅を利かせている分野である。一方、加工機の運動や軌跡密度など解析的な扱いから加工条件の選択に示唆を与える研究がある。しかし、形状精度については計算値と実測値の間に開きがある。その主原因と考えられる研磨物（以下ポリシャと呼ぶ）と被研磨物（以下ワークと呼ぶ）間の加工圧力の分布に関しては、文献「ピッチポリシングにおける圧力分布の解析、河西敏雄他、精密機械43巻5号、1977年5月：P40～44」に記載がある。しかしこの文献においては、ワークとポリシャの回転数を同一にしている。こうすることでワークの1点とポリシャの1点の研磨中の相対速度がワークの半径に依存しないため解析が簡単になる。また、この文献では、研磨中はワークとポリシャの中心の位置関係は固定にしてある。以上のように河西の文献では条件に細かい制限があり、また、加工圧力の分布と相対速度の関係の考察もない。そのため、ポリシャとワークの研磨後の面形状を正確に求めることができない。また、計算された結果を瞬時に表示することも出来ないため、実験に時間がかかるという問題があった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】平面研磨加工時のワークとポリシャの間の圧力の分布は、ワークの平面度に影響する重要な要素である。また、この圧力の分布はポリシャの非剛性に依存している。つまり、研磨によるポリシャの削減によって分布が変化する。本発明では、ポリシャとワークの圧力分布と相対速度の関係を理論式で表わしシミュレーションを行なう。このシミュレーションにより、正確な研磨後の面形状が予測できる。本発明の目的は下記3点である。

1. 正確な研磨後の面形状が予測できる研磨面評価装置、および評価方法を提供する。
2. 加工圧力の分布および相対速度の理論式を求める際、条件の設定に自由度を増やす。

【0004】2-1. ワークとポリシャの回転速度を一致させない。

2-2. ワークとポリシャの中心の位置関係を可変にできる。すなわち研磨中にポリシャ上でワークをポリシャの接線方向もしくは半径方向に振動させる。

3. 研磨後の予測される面形状を即時に表示することで、研磨条件の良否を短時間で判断する。

【0005】

【課題を解決するための手段】ポリシャ12の回転数とワ

ーク11の回転数を各々自由に設定可能とし、ワーク11にはポリシャ12の接線方向または半径方向に往復運動を行なう手段を持ち、前記往復運動の周期を自由に設定可能とし、ポリシャ12とワーク11の相対速度を単位時間毎に演算する手段を持ち、研磨後のポリシャ12の面形状、および研磨後のワーク11の面形状を算出する手段を持ち、前記各々の面形状を即時に表示する手段を持たせることを特徴とする構成とした。

【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら詳細に説明する。図1は、本発明の研磨評価装置の概略を示すブロック図である。本装置はキーボード等の外部入力装置1、中央演算処理装置であるCPU2、CRT等の表示装置3、ハードディスク等の外部記憶装置4より構成される。

【0007】外部記憶装置4は、後述する図2のフローチャートに示すプログラム等が記憶されている。そして、前記プログラムをメモリ5に読み出すことにより、CPU2は本発明のプログラムを実行することができる。図2～図8は、本装置の動作を示すフローチャートである。以後の記述においてフローチャートのステップは、1、m、nを任意の自然数として、図面の符号S1、Sm-n、またはS1-m-nにて示す。

【0008】図2のS1にて、外部入力装置1あるいは外部記憶装置4から演算の対称となるポリシャおよびワークの回転数、ワークの往復速度、ポリシャおよびワークの半径等の装置条件データがメモリ5内に入力される。入力データの一覧は図2の下部に記してある。CPU2は上記装置条件データを基に、圧力分布および相対速度を求める。

【0009】ワークとポリシャは図11で示すように、それぞれ半径Rw(mm)とRp(mm)の円盤とし、偏心して回転し加工に必要な相対運動を行なう。相対運動の様子を図13に示す。ω0で回転するポリシャ12の上で、ワーク11は、ωで回転し、同時にポリシャ12の接線方向（図13ではy方向）に振幅Lの往復運動を行なう。この往復運動はポリシャ12の研磨面をできるだけ均一に研磨し、平面性を保つために行なう。この往復運動を行なうことで結果としてワーク11の研磨面の平面性も保たれる。図13の動作の研磨を実施形態1とする。図14に往復運動をポリシャ12の半径方向（図14ではx方向）に行なった運動を示す。図14の動作の研磨を実施形態2とし、後に説明する。

【0010】先に実施形態1の説明を行なう。ワーク11とポリシャ12は、相対速度、圧力、時間に比例して減耗するから、次式(1)、(2)のプレストンの式

【0011】

【数1】

$$h_p = \sum_{t=1}^T \left\{ k_p v_t (p_p)_t \frac{\alpha}{\pi} \Delta t \right\} \quad \text{--- (1)}$$

$$h_w = \sum_{t=1}^T \left\{ k_w v_t (p_w)_t \Delta t \right\} \quad \text{--- (2)}$$

h : 研磨量 (μm)
 k : プレストン定数 ($\mu m \cdot Km^{-1} / Kg^{-1} \cdot cm^2$)
 $(p_p)_t$: 時間 t でのポリシャに掛かる圧力 (Kg/cm^2)
 $(p_w)_t$: 時間 t でのワークに掛かる圧力 (Kg/cm^2)
 v_t : 時間 t での相対速度 (Km/min)
 α/π : 1 回転間のポリシャとワークの接触比
 Δt : 単位時間 (min)
 T : 総研磨時間 (min)

【0012】を用いて各々ポリシャの研磨量 $h_p(\mu m)$ およびワークの研磨量 $h_w(\mu m)$ を求める。以下に記載される変数は図11に説明を載せた。式(1)で用いられている α (rad) は、図11において、ポリシャ12上の任意の点A (r_p, θ_p) が、ポリシャ12が1回転する間にポリシャ12のある1点がワーク11と接触する角度

である。すなわち α/π は、ポリシャ1回転する間にワーク11と作用する接触比であり、 $\Delta t \times \alpha/\pi$ はポリシング時間 Δt におけるポリシャ12の正味作用時間である。 α は図11から次式であらわされる。

【0013】

【数2】

$$\alpha = \arccos \left(\frac{r_p^2 - R_w^2 + C^2}{2 C r_p} \right) - \frac{\arccos \left(\frac{r_w^2 - R_w^2 + 2C^2 + 2C r_w \cos \theta_w}{2 C \sqrt{r_w^2 + C^2} + 2 C r_w \cos \theta_w} \right)}{\quad} \quad \text{--- (3)}$$

【0014】 C (mm) はポリシャ12とワーク11の中心距離である。式(1)の $(p_p)_t$ ($Kg/平方cm$) は、時刻 t でのポリシャ12上の前記任意の点Aが加工運動によってポリシャ12上に描く軌跡上の分布圧力の平均値であり、また $(p_w)_t$ ($Kg/平方cm$) は、時刻 t でのワーク1

1上の任意の点A (r_w, θ_w) が加工運動によってワーク11上に描く軌跡上の分布圧力の平均値で次式(4)、(5)で与えられる。

【0015】

【数3】

$$(p_p)_t = \frac{1}{\alpha} \int_0^{\alpha} (p) d\theta_p \quad \text{--- (4)}$$

$$(p_w)_t = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (p) d\theta_w \quad \text{--- (5)}$$

【0016】ここで p_0 ($Kg/平方cm$) をポリシャ12とワーク11とに付加する平均分布圧力と定義すると、分布圧力 $(p)_t$ ($Kg/平方cm$) は、 p_0 をポリシャ12とワーク11双方の形状に応じて分布したものであると考えられる。また、ポリシャ12の正味作用時間がポリシャ12上の各点で一定でないため、ポリシャ12は研磨によって平面が維持されない。つまりポリシャ12の面の全体には平均分布圧力 (p_0) が維持されない。このことから、長時間にわたる加工での形状変化を追跡するには、 Δt 毎の研磨量から分布圧力 $(p)_t$ を算出することが必要となる。

【0017】図12(a)、(b)、(c) はワーク11とポリシャ12の研磨のモデル図である。図12(a) は、ポリシャ12およびワーク11両者に理想平面の初期条件を与える図である。最初の分布圧力は全面にわたって (p_0) となる。図12(a) は、研磨前の状態があらわしてあり、網掛け部分は理想的な研磨によって研磨される予測部分である。

【0018】図12(b) は、理想的な研磨がなされている場合の図である。 Δt (min) 後においても全面に p_0 を維持する条件は、ポリシャ12およびワーク11の両者が均一に研磨される場合である。この場合、ワーク11

はポリシャ12の初期平面に平行に研磨されている。この場合の研磨量を平均研磨量とし、図2ステップS2において、先のプレストンの式を用いて両者の和 ΔH_0 は次式(6)で与えられる。この ΔH_0 を理想研磨量と呼

ぶ。

【0019】

【数4】

$$\Delta H_0 = k_w v_0 p_0 \Delta t + k_p v_0 p_0 \frac{R_w^2}{R_p^2} \Delta t \quad \text{--- (6)}$$

【0020】ポリシャ12とワーク11の双方は、実際には、均一には減耗しないために、ワーク11の下面は不均一に曲面状に研磨される。図12(c)に極端な例を示した。この場合の時刻 t 、任意の点における圧力(p)

t は次式(7)で与えられる。

【0021】

【数5】

$$(p)_t = p_0 + \frac{1}{\zeta} \left[(t-1)\Delta H_0 - \left\{ \sum_{i=1}^t (\Delta h_w)_i + \sum_{i=1}^t (\Delta h_p)_i \right\} \right] \quad \text{--- (7)}$$

Δh : 単位時間での研磨量 ($\mu m/s$)

ζ : ポリシャの弾性変形定数 $\mu m/Kg \cdot cm^2$

【0022】図2において、S2の理想研磨量の計算をした後の処理は、ワークとポリシャの実際の(理想でない)研磨量のシミュレーションと表示である。S3、S4の処理は離散時間 Δt 間隔毎に所定の時間 T まで繰り返行なう。本発明ではワーク研磨量とポリシャ研磨量の算出処理を別々の流れ(S3、S5とS4、S6)で並列に行なう。ただし、ワーク研磨量を算出するS3の処理では、 Δt で演算したワーク研磨量と、S4にて Δt で演算したポリシャ研磨量を、 $\Delta t+1$ で使用する。同様に、ポリシャ研磨量を算出するS4の処理では、 Δt で演算したポリシャ研磨量と、S3にて Δt で演算したワーク研磨量を、 $\Delta t+1$ で使用する。このように相互に依存して並列して演算を行なう。

【0023】図3のS3を先に説明する。S3はワーク単位の研磨量を算出するサブルーチンである。S3-0において、CPU2は、時間の終了の判定($t=T?$)を行なう。S1で入力した単位研磨時間 Δt を、測定する時間間隔として Δt 毎のループ処理を行なう。例えば、 $\Delta t=3$ (min)と設定した場合は、3分毎にワーク研磨量の算出を行なう。

【0024】S3-1において、CPU2は、ワーク11の半径方向の測定点の位置の終了($r_w=R_w?$)の判定を行なう。S1で入力した測定幅 Δr を測定する間隔として Δr 毎の測定点のワーク研磨量算出のループ処理を行なう。ここで、ワーク11の測定点とは、図9において、ワーク、の半径をあらわした軸上を離散させた点の設定である。

【0025】CPU2は、S3-1で設定したワーク11の半径 r_w と、S1で入力した角度分割数 n からS3-2-0で刻み角度 $\Delta \theta_w$ を設定する。次に、CPU2は、S3-2-1において、0から180度を刻み角 Δ

θ_w で増加するワークの測定点の角度の判定を行なう。

θ_w が180度に達した場合は、CPU2はS3-2のループを抜け、S3-3に制御を移す。

【0026】CPU2は、S3-2-2において測定点に対応するポリシャ半径 r_p を算出する。この r_p は、図11において軌跡Aに対応する。次にS3-2-3において、CPU2は、ポリシャ研磨量を算出するS4の流れのうち、後述するステップS4-9で算出される、ある時間 $t-1$ (Δt 前)におけるポリシャ12の半径すべての離散値におけるポリシャ12の研磨量の補正值(Bデータ)にラグランジェ補間を行ない、ワーク11の時間 t での測定点の位置(r_w, θ_w)におけるポリシャ12の研磨量を算出する。ラグランジェ補間を行なう意味は、S4-9で算出されるポリシャ12の測定点の位置とワーク11の測定点のずれを補正するためである。

【0027】以上のように、CPU2は、S3-2のループで、 θ_w を0度から180度まで $\Delta \theta_w$ 刻みで動かして、ワーク測定点を移動させ、各点に対応するポリシャ12上の点の研磨量を算出する。S3-3では、CPU2は、S3-2で $\Delta \theta_w$ 刻みで算出したポリシャ12の研磨量の平均値を計算する。

【0028】図3のステップS3-4では、CPU2は、S3-1で設定したワーク11の半径 r_w における Δt 前($t-1$:前回)のワーク研磨量と呼び出す。以上の流れにより、時間 $t-1$ までのポリシャ、ワークそれぞれの研磨量が計算され、式(7)中の次式が求められる。

【0029】

【数6】

$$\sum_{i=1}^{t-1} (\Delta h_{w_i}) + \sum_{i=1}^{t-1} (\Delta h_{p_i}) \quad \text{--- (7')}$$

【0030】また、ポリシャ12およびワーク11の不
均一な研磨によるワーク11の傾き角 β (図12(c))
を求めるには、 y' 軸に関するモーメント M (Kg・mm)を
算出する必要がある。S3-5において、式(7)か
ら、 y' 軸に関し非対称性を示すポリシャ12の研磨

量と、円弧 $2\alpha \cdot r_p$ と微小幅 dr_p の積で求められる微小面
積とその重心位置($r_p \sin \alpha$) / α より、モーメント M
は次式であたえられる。

【0031】

【数7】

$$M = \frac{2 \times 10^{-2}}{\zeta} \times \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \left[\left(\sum_{i=1}^{t-1} (\Delta h_{p_i}) \right) \alpha r_p \left(\frac{r_p \sin \alpha}{\alpha} - C \right) \right] dr_p \quad \text{--- (8)}$$

【0032】さらに、モーメント M と傾き角 β (図12
参照) の関係は円板試料の場合は、次式で与えられる。

【0033】

【数8】

$$\beta \doteq \tan \beta = \frac{4M}{\pi R_w^4} \zeta \times 10^{-1} \quad \text{--- (9)}$$

【0034】これにより、上記の式(8)(9)からポ
リシャ12の減耗の偏差に起因する補正項として次式が
与えられる。

【0035】

【数9】

$$\beta \doteq \tan \beta = \frac{8}{\pi R_w^4 \zeta} \times \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \left[\left(\sum_{i=1}^{t-1} (\Delta h_{p_i}) \right) \alpha r_p \left(\frac{r_p \sin \theta}{\alpha} - C \right) \right] dr_p \quad \text{--- (10)}$$

【0036】S3-6において、上記の式(6)(7)
(10)から、補正された圧力 (p) は、次式で与えられ
る。

【0037】

【数10】

$$(p)_t = p_0 + \frac{1}{\zeta} \left[(t-1) \Delta H_0 - \left(\sum_{i=1}^{t-1} (\Delta h_{w_i}) + \sum_{i=1}^{t-1} (\Delta h_{p_i}) \right) \right] - \frac{\tan \beta}{\zeta} (r_p \cos \theta_p - C) \quad \text{--- (11)}$$

【0038】次にS3-7において上記アレクストンの式
で用いられる相対速度が以下の方法で算出される。以下
の記載の変数については、図13を参照のこと。時間 t
後のワーク11上の任意の点B(r, θ)について、ポ
リシャ12の回転による速度のxy成分(V_{px}, V_{py})およ

びワーク11の回転による速度のxy成分(V_{wx}, V_{wy})お
よび接線方向(縦)の往復速度によるy成分(V_{ly})は各
々次式で与えられる。

【0039】

【数11】

$$v_{px}/2\pi = -\omega_0 r \sin \theta \quad \text{--- (12)}$$

$$v_{py}/2\pi = \omega_0 \left(C + r \cos \theta + L \sin \left(\frac{2\pi}{T_1} t \right) \right) \quad \text{--- (13)}$$

T₁: 振動周期

$$v_{wx}/2\pi = \omega r \sin \theta \quad \text{--- (14)}$$

$$v_{wy}/2\pi = -\omega r \cos \theta \quad \text{--- (15)}$$

$$v_{lx}/2\pi = \frac{1}{T_1} L \cos \left(\frac{2\pi}{T_1} t \right) \quad \text{--- (16)}$$

【0040】上記の式(9)(10)(11)(12)(13)から相対速度のxy成分は各々次式で与えられる。【0041】
【数12】

$$\begin{aligned} V_x &= v_{px} + v_{wx} + v_{lx} \\ &= 2\pi \left\{ r \sin \theta (\omega - \omega_0) - \frac{L}{T_1} \cos \left(\frac{2\pi}{T_1} t \right) \right\} \end{aligned} \quad \text{--- (17)}$$

$$\begin{aligned} V_y &= v_{py} + v_{wy} \\ &= 2\pi \left\{ r \cos \theta (\omega_0 - \omega) + \omega_0 C + \omega_0 L \sin \left(\frac{2\pi}{T_1} t \right) \right\} \end{aligned} \quad \text{--- (18)}$$

【0042】上記の式(14)(15)からvy成分を合成して、相対速度は次式で与えられる。

$$V = 2\pi \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \text{--- (19)}$$

【0044】CPU2は、S3-8において、式(10)で得られた分布圧力と式(19)で得られた相対速度をプレストンの式(1)(2)に代入することにより、ワーク11の研磨量をΔt毎の積算として求めることが出来る。上記一連の計算を、測定幅Δr刻みに0からRwまで行なった後、CPU2はS3-9に制御を写す。S3-9では、CPU2は、ワーク11のある半径上の離散値である研磨量を、S3-9-1にて最小自乗法により計算し、図9のような滑らかな関数曲線を導く。ここで関数を導くことで次の時間(t+1)のラグランジェ補間法が容易に適用出来るようになる。また、CPU2は、S3-9-2で、最小自乗法で補正したワーク研磨量をAデータとして保存する(S3-9-3)。

【0045】S3のループで、研磨時間が所定の時間(S3-0でT)に達すると、最終的なワーク11の研磨量が算出されたと判断し、CPU2は制御をS5へ移す。次に、図3のS4を説明する。S4はポリシャ単

位の研磨量を算出するサブルーチンである。S4の流れで、S3との相違は次の3点のみである。

【0046】ひとつは、測定点の位置を示す角度が、S3ではワーク11の中心からの角度であり、0度から180度の値をn分割し測定するのに対し、S4では、ポリシャ12が1回転する間にワークと接触する角度であるαをn分割し測定する点である。2つめの相違点は測定幅ΔrがS3はワーク11の半径の刻みであるのに対し、S4ではポリシャ12の半径の刻みである点である。

【0047】最後の相違点は、ラグランジェ補間で使用する値が、S3では前の時間t-1でのS4の結果であるポリシャ研磨量(Bデータ)であるのに対し、S4では逆にS3の結果のt-1でのワーク研磨量(Aデータ)を使用する点である。他の点は、各ステップでS3-mはS4-m、S3-m-nはS4-m-nと読み替え、ワークとポリシャを入れ替えれば、S4はS3と同一であるため説明は省略する。S4では、所定の研磨時

間(T)後の最終的なポリシャ12の研磨量が算出される。

【0048】CPU2はS5において、最終結果のワーク11の研磨量を断面形状として図9の形態でCRT3に表示する。同様に、S6において、最終結果のポリシャ12の研磨量を断面形状として図10の形態でCRT3に表示する。以上の実施形態1でシミュレーションを行なった結果を図15、図16に示す。

【0049】次に実施形態2の説明を行なう。前記したように、実施形態2は、図14に示すように、ワーク12の往復運動をx方向に行なったものである。この場合の式(12)から式(19)に対応した式は下記のものである。

【0050】

【数14】

$$v_{px}/2\pi = -\omega_0 \left(r \sin \theta + L \sin \left(\frac{2\pi}{T1} t \right) \right) \quad \text{--- (12')} \\ T1: \text{揺動周期}$$

$$v_{py}/2\pi = \omega_0 (C + r \cos \theta) \quad \text{--- (13')}$$

$$v_{wx}/2\pi = \omega r \sin \theta \quad \text{--- (14')}$$

$$v_{wy}/2\pi = -\omega r \cos \theta \quad \text{--- (15')}$$

$$v_{ly}/2\pi = \frac{-1}{T1} L \cos \left(\frac{2\pi}{T1} t \right) \quad \text{--- (16')}$$

【0051】

【数15】

$$V_x = v_{px} + v_{wx} \\ = 2\pi \left\{ r \sin \theta (\omega - \omega_0) - \omega_0 L \sin \left(\frac{2\pi}{T1} t \right) \right\} \quad \text{--- (17')}$$

$$V_y = v_{py} + v_{wy} + v_{ly} \\ = 2\pi \left\{ r \cos \theta (\omega_0 - \omega) + \omega_0 C - \frac{L}{T1} \cos \left(\frac{2\pi}{T1} t \right) \right\} \quad \text{--- (18')}$$

【0052】

【数16】

$$V = 2\pi \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad \text{--- (19')}$$

【0053】この実施形態2のシミュレーション結果を図17、図18に示す。これら一連の処理により、実物を研磨しないでワークおよびポリシャの研磨量をシミュレーションでき、結果が即座に画面で確認できる評価装置、評価方法が成立する。以上の2つの実施形態の説明で、単位研磨時間 Δt 、測定幅 Δr 、角度分割数 n は、S3(ワーク単位の研磨量算出ルーチン)、S4(ポリシャ単位の研磨量算出ルーチン)で共通に扱った。これは、S3、S4のループの各回の結果を次回に他方で使用するため、共通にするのが最も効率が良いという理由からである。ただし、本発明は、これらを共通に扱うことに限定されるものではない。

【0054】また、本発明の実施形態の説明はワークもポリシャも研磨面が円形として説明を行なった。しか

し、ワークについては一般的には種々の形態が考えられる。このような研磨面が円形以外の物は、例えば研磨面の重心を回転中心に取るなどの操作を行なえば、本発明が適用可能となる。

【0055】

【発明の効果】以上説明した本発明の研磨面評価装置によれば、研磨後の面形状をより高い精度で、容易にシミュレーションすることが可能である。また、研磨物と被研磨物の各々の回転数を自由に設定することで加工条件の組み合わせを容易に変更できる。さらに被研磨物に往復運動を加えることにより、回転数と往復の組み合わせによる加工条件の幅を広げることが可能となる。また、加工条件が増えることで、より複雑な研磨形状を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明を実施する際のハードウェアブロック図
 【図2】ドラフトフローチャート
 【図3】ワーク単位研磨量算出のフローチャート
 【図4】ワーク単位研磨量算出ルーチン内のポリシャ研磨量算出のフローチャート
 【図5】ワーク単位研磨量算出ルーチン内のワーク研磨量算出のフローチャート
 【図6】ポリシャ単位研磨量算出のフローチャート
 【図7】ポリシャ単位研磨量算出ルーチン内のワーク研磨量算出のフローチャート
 【図8】ポリシャ単位研磨量算出ルーチン内のポリシャ研磨量算出のフローチャート
 【図9】ワーク研磨量のグラフ
 【図10】ポリシャ研磨量のグラフ
 【図11】ワークとポリシャの位置関係を表す図
 【図12】研磨モデル図
 【図13】ワークとポリシャの動きをあらわす図（接線方向）

【図14】ワークとポリシャの動きをあらわす図（半径方向）

【図15】実施形態1のワーク研磨量シュミレーション結果をあらわす図

【図16】実施形態1のポリシャ研磨量シュミレーション結果をあらわす図

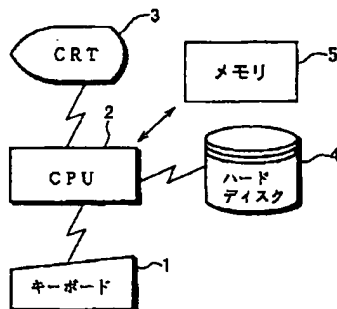
【図17】実施形態2のワーク研磨量シュミレーション結果をあらわす図

【図18】実施形態2のポリシャ研磨量シュミレーション結果をあらわす図

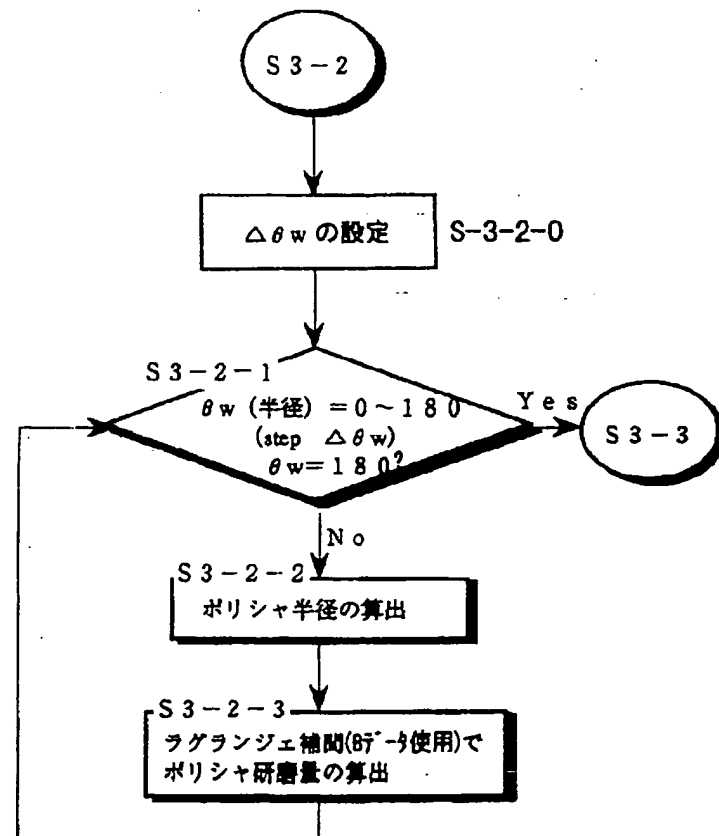
【符号の説明】

- 1 外部入力装置
 2 CPU
 3 表示装置
 4 外部記憶装置
 5 メモリ
 11 ワーク
 12 ポリシャ

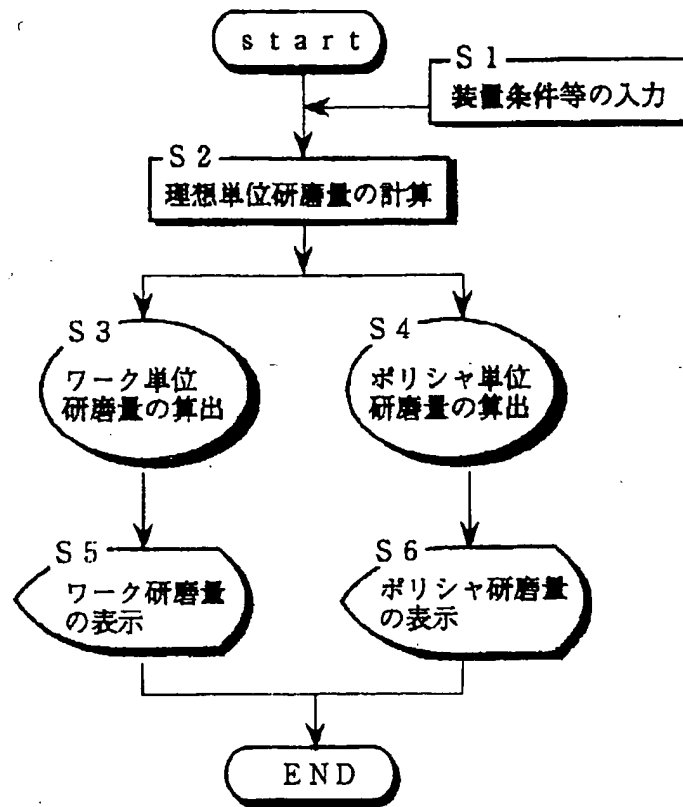
【図1】



【図4】



【図2】



【S1で入力する項目】

<ワーク側>

半径 (R_w)
 プレストン定数 (K_w)
 回転数 (ω_w)
 偏心位置 (C)

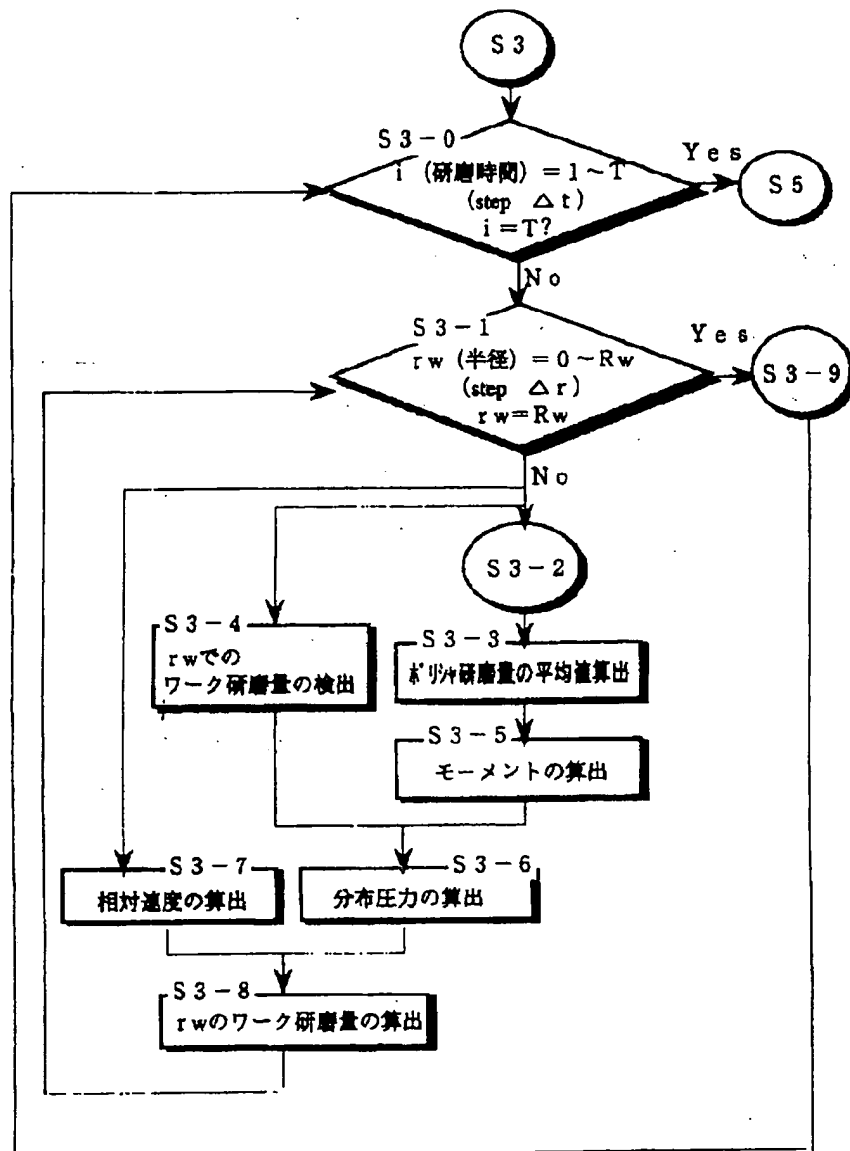
<ポリシャ側>

半径 (R_p)
 プレストン定数 (K_p)
 回転数 (ω_p)
 弾性変形定数 (ξ)

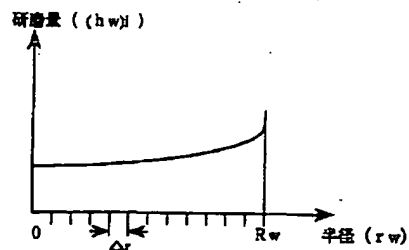
<その他>

加圧 (P_0)
 総研磨時間 (T)
 単位研磨時間 (Δt)
 測定幅 (Δr)
 最大振幅 (L)
 往復周期 (T_1)
 往復方向
 表示時間
 角度分割数 (n)

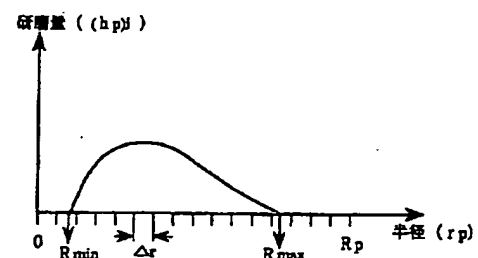
【図3】



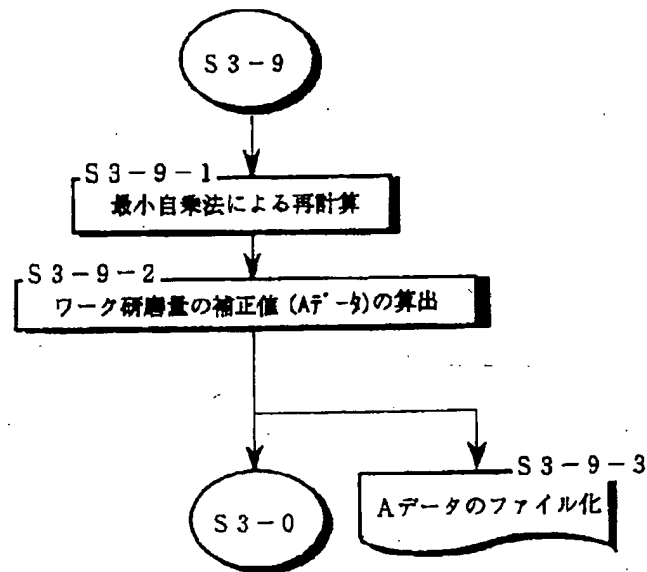
【図9】



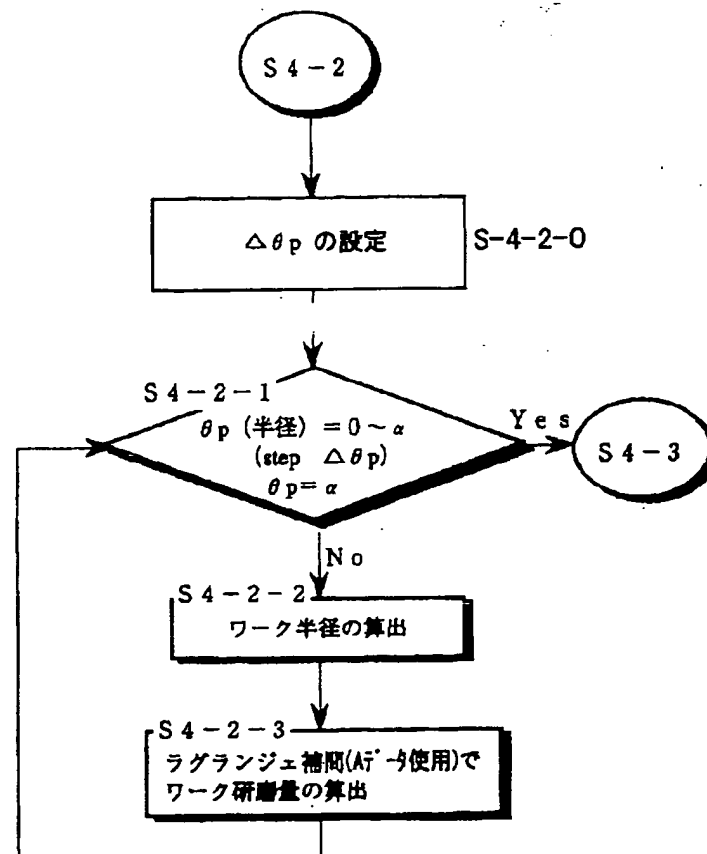
【図10】



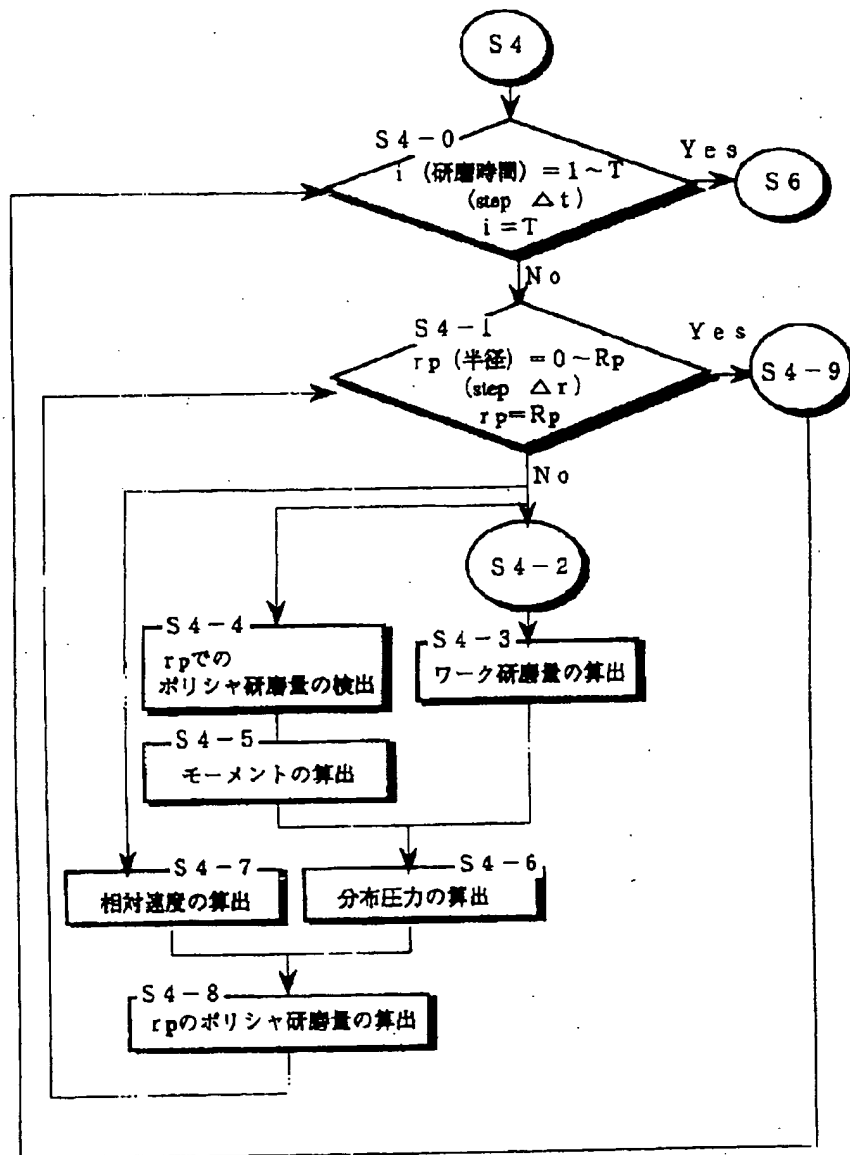
【図5】



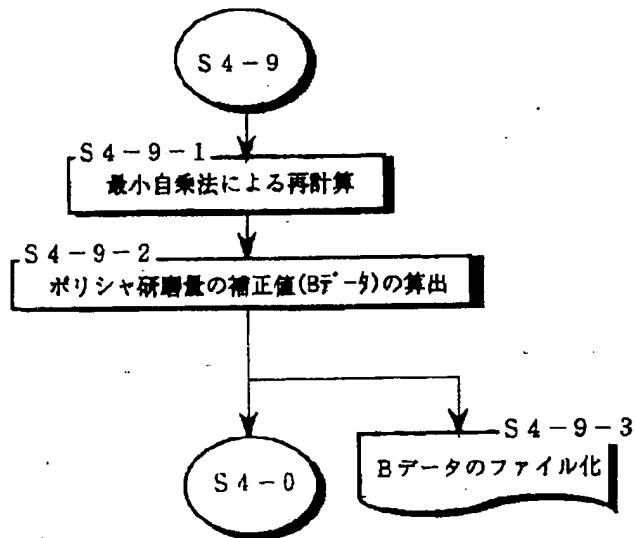
【図7】



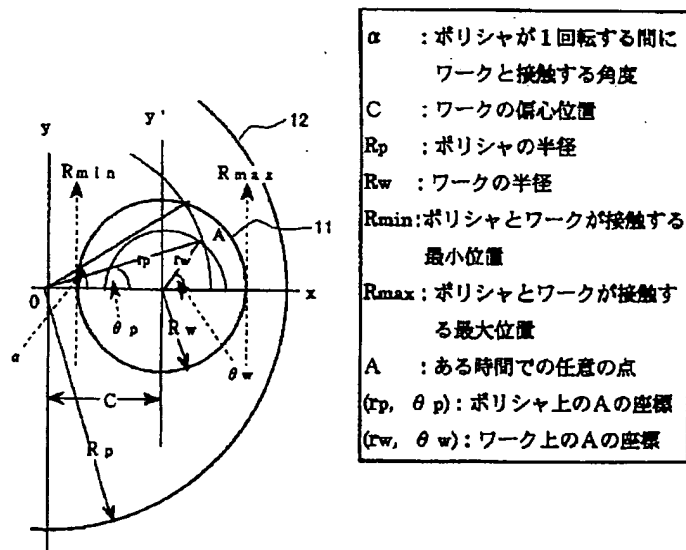
【図6】



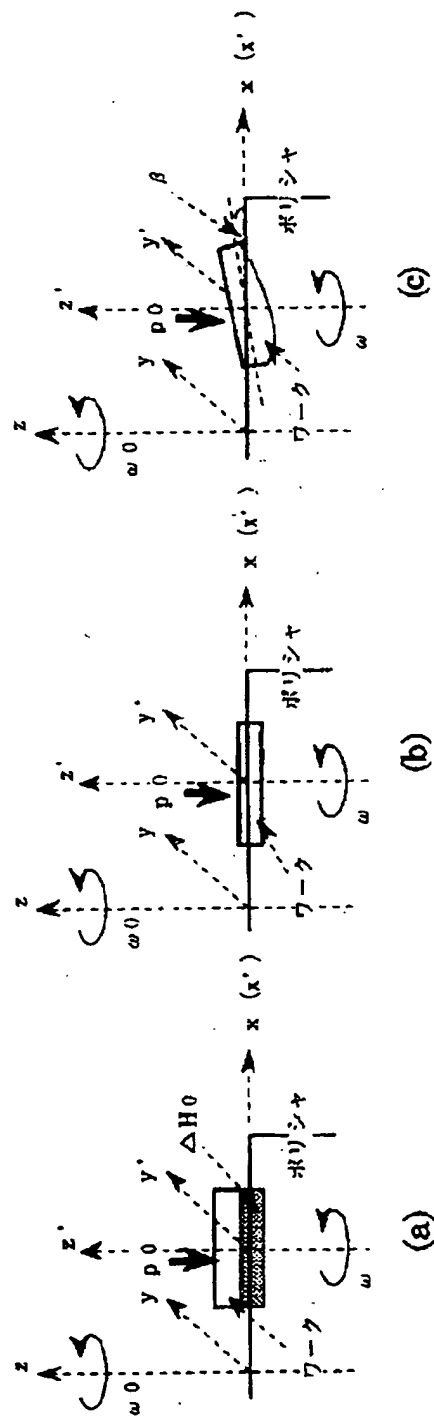
【図8】



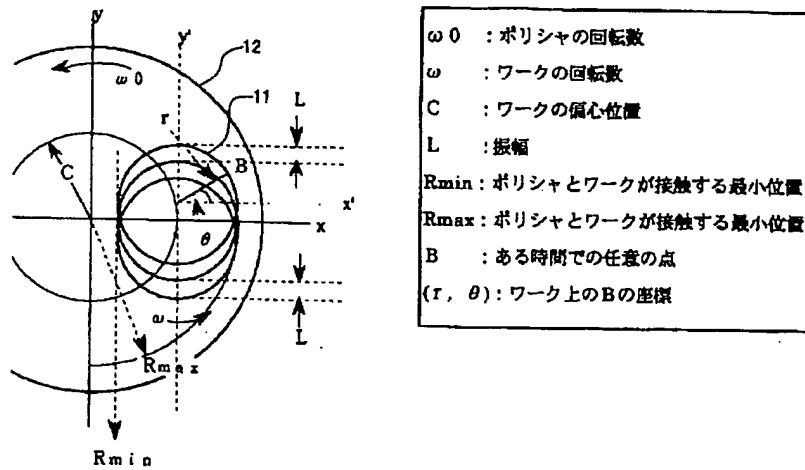
【図11】



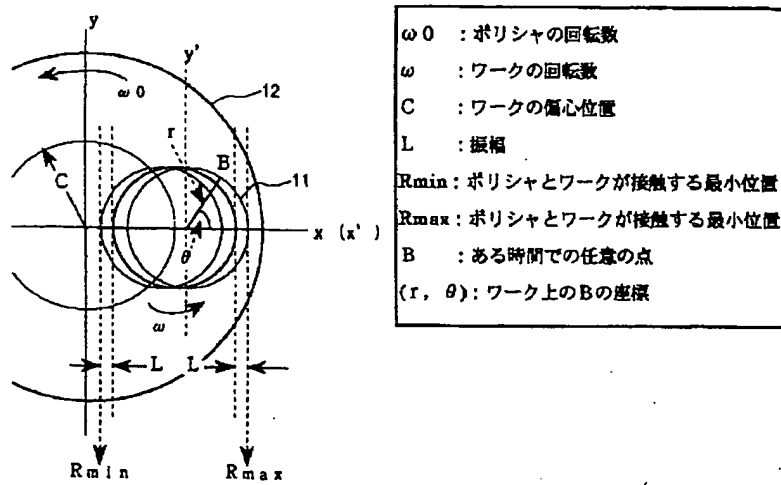
【图12】



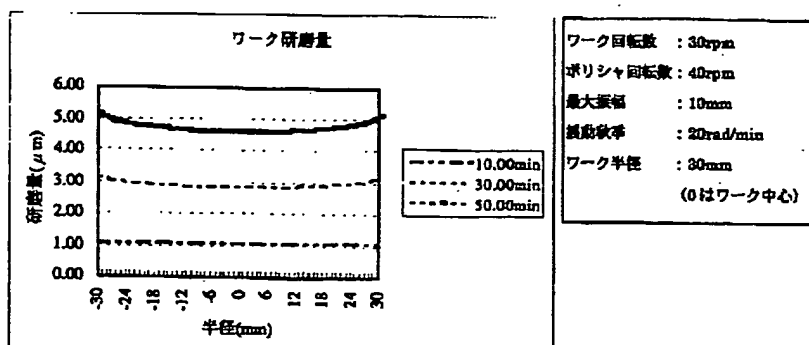
【図13】



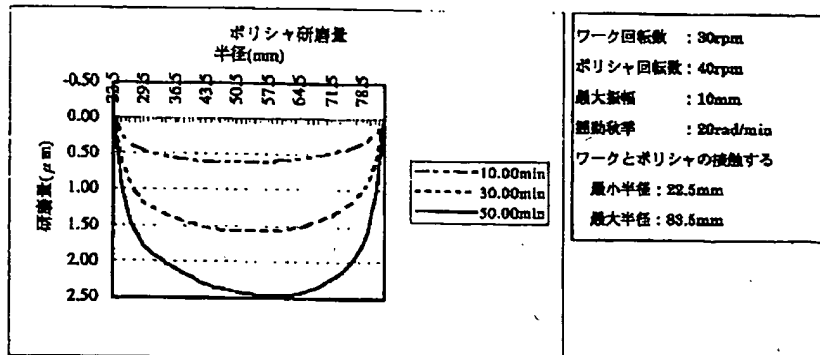
【図14】



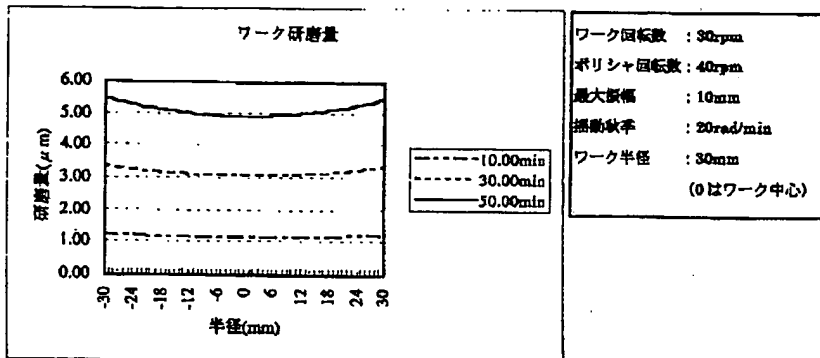
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

